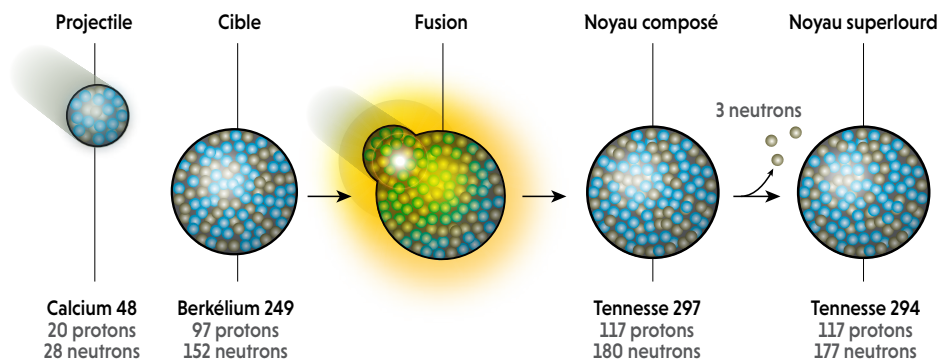
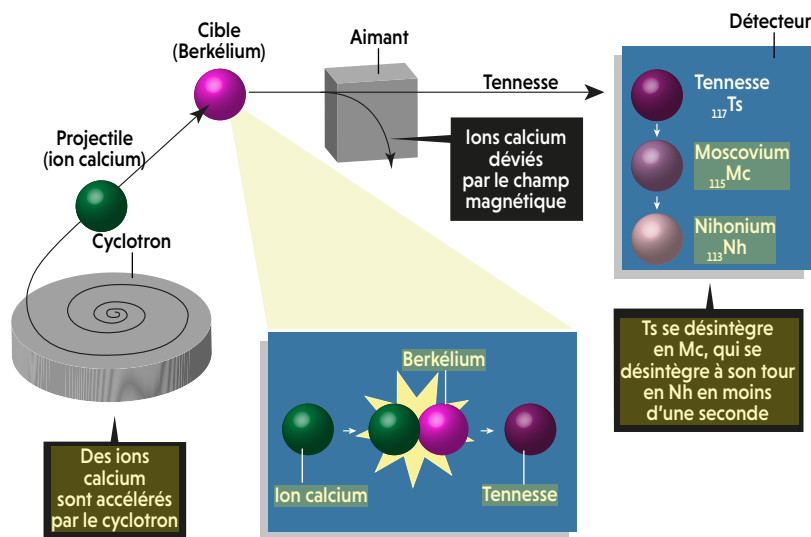




CRÉER DES ÉLÉMENTS SUPERLOURDS

Pour synthétiser un nouvel élément superlourd, les physiciens accélèrent un noyau « projectile » sur un noyau « cible » afin que les deux se combinent. Pour surmonter la répulsion électrique entre les deux noyaux chargés positivement, le projectile doit avoir une vitesse d'environ un dixième de celle de la lumière. Propulsé à une telle vitesse, le projectile vient effleurer le noyau de la cible et la force nucléaire attractive prend alors le dessus. Dans l'exemple présenté ci-contre, les chercheurs ont produit l'élément 117, le tennessee, en fusionnant du calcium et du berkélium. Une fois la fusion effectuée, le « noyau composé » a perdu trois neutrons pour devenir le noyau superlourd de tennessee avec 117 protons et 177 neutrons. Le principe des expériences de l'équipe russo-américaine qui a obtenu pour la première fois un noyau de tennessee, en 2010, est schématisé dans le dessin du bas.



commençons à entrevoir l'îlot de stabilité. Les expériences les plus récentes ont démontré que la demi-vie des éléments superlourds qui sont produits maintenant en laboratoire augmente avec le nombre de neutrons, ce qui suggère que nous approchons du prochain nombre magique de neutrons.

Cette évolution est bien illustrée par le cas de l'élément 112, le copernicium (Cn) : alors que la variante de l'élément à 112 protons et 165 neutrons (le ^{277}Cn) ne dure que 0,6 milli-seconde environ, la déclinaison plus lourde de 8 neutrons (le ^{285}Cn) a, elle, une longévité environ 50000 fois supérieure ! Cette tendance à davantage de stabilité se poursuivra vraisemblablement à mesure que l'on se rapprochera du centre de l'îlot de stabilité, mais jusqu'à quel point ? On l'ignore. En particulier, la question se pose de savoir s'il existe des éléments superlourds qui soient complètement stables et donc de durée de vie infinie.

La seule possibilité que de tels éléments existent a poussé certains à les chercher dans la nature. Car le fait que nous n'en ayons pas encore observé ne signifie pas qu'il n'y en ait pas des traces cachées... juste sous notre nez. De tels atomes auraient pu se former avec d'autres éléments plus lourds que le fer lors d'événements astronomiques puissants, tels

que la collision de deux étoiles denses appelées étoiles à neutrons, avant d'être dispersés dans l'Univers. Dans ce cas, ils pourraient être présents dans les rayons cosmiques qui nous parviennent de l'espace, ou dans des roches terrestres.

De nombreux scientifiques se sont lancés dans l'aventure avec l'aide de techniques variées. Certains sont partis, par exemple, à la recherche de l'élément 110 (le darmstadtium). Cet élément devrait être relativement stable quand il a 184 neutrons (un nombre magique) et présenter des propriétés chimiques similaires à celle du platine, son voisin du dessus dans le tableau périodique. Grâce à des méthodes telles que la spectrométrie de fluorescence des rayons X et la spectrométrie de masse, les scientifiques ont recherché le darmstadtium dans les minerais naturels de platine. Hélas en vain : si ces roches renferment de tels atomes, c'est à un taux inférieur à une partie pour un milliard.

DES ÉLÉMENTS SUPERLOURDS DANS LES ROCHES OU LES RAYONS COSMIQUES ?

Les physiciens ont également recherché des traces d'éléments superlourds dans les rayons cosmiques, par exemple au moyen de l'expérience UHCRE (*Ultra-Heavy Cosmic-Ray Experiment* ou Expérience pour les rayons cosmiques ultralourds) embarquée à bord du satellite LDEF (pour *Long Duration Exposure Facility* ou Équipement d'exposition de longue durée) de la Nasa, mais ils n'ont trouvé aucune preuve concluante de leur présence. Les efforts vont sans aucun doute se poursuivre, parce qu'une telle découverte aurait une grande importance sur le plan fondamental. De plus, l'identification de nouveaux éléments pourrait déboucher sur de nouveaux matériaux, dotés chacun de propriétés uniques, >

► potentiellement intéressantes pour les applications.

Comme nous n'avons pas encore trouvé d'éléments superlourds dans la nature, nous n'avons pas d'autre choix que de les forger en laboratoire. L'opération consiste à partir d'éléments « courants » et à les enrichir en protons. Comment ? En imitant les processus que l'Univers met en œuvre pour former les éléments lourds. Il suffit pour ce faire de bombarder un élément avec des neutrons. Puisque les noyaux contenant trop de neutrons ont tendance à transformer un de leurs neutrons excédentaires en un proton (par un processus de désintégration bêta), la méthode produit *in fine* un élément plus lourd, de numéro atomique supérieur d'une unité. Le problème de cette technique est qu'on ne peut former ainsi que des éléments allant jusqu'au fermium (l'élément 100). Au-delà de ce numéro atomique, le noyau ne subit pas de désintégration bêta et il est impossible d'ajouter des protons.

DES ACCÉLÉRATEURS POUR CRÉER DE NOUVEAUX ÉLÉMENTS

Pour aller plus loin et produire des éléments superlourds tels que l'oganesson, les scientifiques emploient une autre technique : ils amènent deux noyaux si près l'un de l'autre que l'interaction forte entre en jeu. Cette force a une portée extrêmement courte, ce qui signifie que les noyaux doivent pratiquement se toucher pour la ressentir. À une pareille distance, la force de répulsion entre les protons chargés positivement est énorme. C'est pourquoi les physiciens doivent fortement accélérer l'un des noyaux, à une vitesse d'environ 10% de celle de la lumière, et le projeter sur l'autre noyau. Cette vitesse est tout juste suffisante pour surmonter la répulsion due aux protons et permettre aux surfaces des noyaux d'entrer en contact.

Malgré ces conditions, la probabilité pour que les deux noyaux se touchent reste extrêmement faible. En outre, la probabilité de fusion des deux noyaux de départ en un noyau unique décroît à mesure que le nombre de protons du système augmente. Même quand un « noyau composé » unissant les deux noyaux originels se forme, le plus souvent il se scinde presque immédiatement en fragments plus légers. Ces deux tendances (la faible probabilité de formation d'un noyau composé, et la forte chance qu'il se scinde ensuite) jouent contre nous quand nous essayons de synthétiser des éléments superlourds.

En dépit des obstacles, les chercheurs ont enregistré de francs succès grâce à cette approche. Ils ont produit les éléments 113, 115, 117 et 118, dont les découvertes ont été entérinées en 2016 par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (l'UICPA a le pouvoir



TUBE D'ACCÉLÉRATEUR

Une vue de l'accélérateur linéaire du GSI, à Darmstadt. Ce dispositif de 120 mètres de long accélère des ions calcium, qui viennent frapper une cible contenant des éléments lourds, afin de produire des noyaux atomiques de nouveaux éléments superlourds.

de reconnaître officiellement et de nommer les nouveaux éléments).

L'élément 113 s'appelle maintenant le nihonium (symbole : Nh), en l'honneur du Japon où ont eu lieu les expériences ayant permis de le synthétiser (*Nihon* est, en japonais, l'un des deux noms du Japon). L'élément 115 est le moscovium (Mc), car c'est dans la région de Moscou, où se trouve l'ITURN, que cet élément a été produit. Et l'élément 117 s'est vu attribuer le nom de tennesse (Ts), d'après l'État du Tennessee, où est implanté le Laboratoire américain d'Oak Ridge qui a fourni les noyaux cibles de berkélium (de numéro atomique 97) nécessaires à la synthèse de l'élément 117. L'oganesson (Og), avec ses 118 protons, ferme le bal des nouveaux intronisés.

EN LIGNE DE MIRE : L'ÉLÉMENT 119

Les projecteurs sont désormais braqués sur l'élément 119, qui ajouterait une nouvelle colonne au tableau périodique. Bien que plusieurs groupes, dont le nôtre, se soient mis en quête de cet atome superlourd, aucun n'a encore décroché la timbale, malgré le recours durant des mois aux accélérateurs les plus puissants au monde. L'un des problèmes rencontrés est que la technique qui fonctionnait bien jusqu'à l'oganesson (qui consistait à fracasser des ions de calcium sur des noyaux plus lourds) échoue au-delà parce que nous ne disposons pas en quantité suffisante de noyaux à plus de